

KOAGULASI LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA TUNGKAL DAN BINER DENGAN EKSTRAK BIJI PETAI CINA

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Michael Johnatan Benny Putra (6141801012)

Christian (6141801055)

Pembimbing :

Hans Kristianto, S.T., M.T.

Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022**

REMOVAL OF CONGO RED AND TARTRAZINE BINARY MIXTURES USING LEUCAENA LEUCOCEPHALA SEED'S EXTRACT AS NATURAL COAGULANT

Research Report

Compiled to fulfill the final project in order to achieve
A bachelor's degree in Chemical Engineering

by :

Michael Johnatan Benny Putra (6141801012)

Christian (6141801055)

Lecturer :

Hans Kristianto, S.T., M.T.

Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.



**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : KOAGULASI LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA TUNGGAL DAN
BINER DENGAN EKSTRAK BIJI PETAI CINA**


CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 9 Februari 2022

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Hans Kristianto, S.T., M.T.


Susiana Prasetyo S., S.T., M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Michael Johnatan Benny Putra

NPM : 6141801012

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul

Koagulasi Limbah Sintetik Zat Warna Tunggal dan Biner dengan Ekstrak Biji Petai Cina

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 20 Januari 2022



Michael Johnatan Benny Putra
(6141801012)

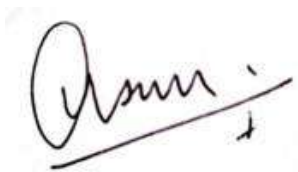
LEMBAR REVISI

**JUDUL : KOAGULASI LIMBAH SINTETIK ZAT WARNA TUNGKAL DAN
BINER DENGAN EKSTRAK BIJI PETAI CINA**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 9 Februari 2022

Penguji 1



Dr. Ir. Asaf K. Sugih

Penguji 2



Anastasia Prima Kristijarti, S.Si., M.T.

INTISARI

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan yang kompleks dan berpotensi mencemari lingkungan bila tidak diolah dengan tepat. Salah satu metode pengolahan limbah yang umum digunakan adalah koagulasi menggunakan koagulan inorganik. Akan tetapi penggunaan koagulan inorganik memiliki banyak dampak negatif; antara lain menghasilkan volume *sludge* yang tinggi, bersifat *non biodegradable*, serta berpotensi menyebabkan masalah kesehatan seperti Alzheimer's dan demensia. Sebagai alternatif; pemanfaatan koagulan alami yang memiliki tingkat resiko toksisitas rendah, serta menghasilkan volume *sludge* yang lebih sedikit dan *biodegradable* telah banyak dilakukan penelitian. Salah satu koagulan alami yang digunakan adalah ekstrak protein dari biji petai cina (*Leucaena leucocephala*); akan tetapi penelitian yang dilakukan masih terbatas menggunakan zat warna tunggal saja sehingga pada penelitian ini dikembangkan untuk koagulasi zat warna biner.

Koagulan alami yang digunakan pada penelitian ini berupa ekstrak kasar protein biji petai cina yang kemudian digunakan untuk koagulasi zat warna tunggal maupun biner; dengan model zat warna *congo* merah dan *tartrazine*. Koagulasi zat warna tunggal dilakukan secara konvensional di dalam *jar test apparatus* dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 2 menit; kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat 60 rpm selama 30 menit; variasi kondisi pH koagulasi dilakukan pada rentang 3 – 8 sebanyak 6 level untuk menentukan pH terbaik koagulasi. Setelah pH terbaik diperoleh; koagulasi dilanjutkan dengan variasi dosis koagulan pada rentang 150 – 750 mg eq BSA/L sebanyak 6 level dan konsentrasi awal zat warna sebesar 50 – 100 mg/L sebanyak 6 level. Koagulasi campuran biner dilakukan dengan variasi yang sama dengan rasio *congo* merah dan *tartrazine* 1:1. Respon yang diamati berupa persentase *removal* zat warna hasil koagulasi menggunakan spektrofotometer UV/Vis serta volume *sludge* menggunakan *imhoff cone* untuk menentukan profil dan kondisi koagulasi terbaik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik untuk koagulasi zat warna tunggal dan biner pada pH 3. Pada pH ini, zat warna bermuatan negatif dan koagulan bermuatan positif sehingga memungkinkan terjadinya *charge neutralization* akibat perbedaan muatan antara zat warna dengan koagulan tersebut. Dosis koagulan terbaik pada koagulasi zat warna tunggal *congo* merah sebesar 450 mg eq BSA/L dengan %-*removal* sebesar 99,38 % dan volume *sludge* sebesar 79,00 mL/L. Peningkatan dosis yang lebih lanjut justru mengakibatkan restabilisasi koloid. Dosis koagulan terbaik untuk zat warna tunggal *tartrazine* dan biner sebesar 1150 mg eq BSA/L dan 1050 mg eq BSA/L; dengan %-*removal* sebesar 54,36 % dan volume *sludge* sebesar 5,75 mL/L. Peningkatan dosis yang lebih lanjut memberikan kinerja koagulan yang relatif konstan. Konsentrasi awal zat warna terbaik didapatkan pada 50 mg/L, baik untuk koagulasi zat warna tunggal maupun biner dengan %-*removal* sebesar 49,90 % dan volume *sludge* sebesar 56,00 mL/L. Peningkatan konsentrasi zat warna mengakibatkan jumlah koagulan tidak mencukupi untuk mengkoagulasi kandungan zat warna tersebut di dalam sampel.

Kata kunci : biji petai cina, biner, *congo* merah, koagulasi, *tartrazine*.

ABSTRACT

*The textile industry is one of the industries that produces wastewater with complex contents and has the potential to pollute the environment if not treated. Therefore, a wastewater treatment process is required to overcome this problem. One of the commonly used wastewater treatment methods is coagulation using inorganic coagulants. However, the use of inorganic coagulants has many negative impacts, including producing a high volume of sludge which is non-biodegradable, and has the potential to cause health problems such as Alzheimer's and dementia. As an alternative, research has been carried out that utilizes natural coagulants that have a low level of toxicity risk, and produce less sludge volume and are biodegradable. One of the natural coagulants that has been studied is protein extract from *Leucaena leucocephala* seeds, but this research only uses a single dye, therefore in this study the coagulation of binary dyes was investigated.*

*In this study, protein extraction of *Leucaena leucocephala* seeds was carried out for coagulation of single and binary dyes with the model of Congo red dye and tartrazine. Single dye coagulation was carried out by varying the pH (3–9) to determine the best pH for coagulation. After the best pH was obtained, coagulation was continued by varying the dose of coagulant (50–300 mg eq BSA/L) and the initial concentration (50–100 mg/L). The coagulation of the binary mixture was carried out with the same coagulation variation with the ratio of congo red and tartrazine 1:1. The concentration of the coagulation was then measured using a UV/Vis spectrophotometer to obtain the absorbance and the sludge volume was measured using an imhoff cone. The calculation of %-removal of dyestuff and sludge volume was carried out to determine the best profile and coagulation conditions.*

Single and binary coagulation dyes had the best pH conditions at pH 3 caused by the difference in charge between the dye and the coagulant, where a negatively charged dye and a positively charged coagulant would result in charge neutralization. The best dose of coagulant in the single dye congo red coagulation process was at 450 mg eq BSA/L where a further increase in dose would result in the restabilization of colloids. The best coagulant dose for tartrazine single dye and binary dye was at 1150 mg eq BSA/L and 1050 mg eq BSA/L, respectively, where a further increase in dose would give relatively constant results. Single and binary coagulation dyes had the best initial dye concentration conditions at a concentration of 50 mg/L where increasing the dye concentration would result in an insufficient amount of coagulant to coagulate all of the dyestuffs. In the best condition, the %-removal and sludge volume for coagulation of single dye congo red were 99.38 % and 79 mL/L ; tartrazine by 54.36% and 5.75 mL/L. The best conditions for binary dyes produced %-removal congo red of 91.12% and tartrazine of 49.9% with a sludge volume of 56 mL/L

Keywords : binary mixture, coagulation, congo red, *Leucaena leucocephala* seeds, tartrazine.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, oleh karena anugerah dan kasih setia-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menulis, menyusun, dan menyelesaikan penelitian yang berjudul “Koagulasi Limbah Zat Warna Sintetik Tunggal dan Biner dengan Ekstrak Biji Petai Cina” dengan tepat waktu.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyusun proposal penelitian ini, khususnya kepada :

1. Hans Kristianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dengan sabar dan memberikan saran serta nasihat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
2. Susiana Prasetyo S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang juga telah membantu penulis dengan sabar dan memberikan saran serta nasihat kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dengan baik.
3. Orang tua yang selalu memberikan dukungan dan selalu menyemangati penulis agar penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan tepat waktu.
4. Teman-teman seperjuangan dan pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis agar dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.

Penulis sadar bahwa penelitian yang dilakukan ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis sangat membutuhkan dukungan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun, sehingga kritik dan saran tersebut dapat membantu memperbaiki penelitian ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih dan penulis berharap agar penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, 20 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	3
1.3 Identifikasi Masalah	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	8
1.6 Tujuan Penelitian	9
1.7 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Koloid dan Stabilitas Koloid	10
2.2 Koagulasi dan Flokulasi	12
2.3 Ekstraksi Protein Biji Petai Cina	14
2.4 Koagulasi Zat Warna <i>Congo Merah</i> dan <i>Tartrazine</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Metode Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Prosedur Penelitian	27
3.4 Rancangan Percobaan	30
3.5 Analisis	35
3.7 Lokasi dan Jadwal Penelitian	36
BAB IV PEMBAHASAN	37

4.1 Ekstraksi Protein Biji Petai Cina.....	38
4.1 Pengaruh Kondisi pH Terhadap Koagulasi Zat Warna Tunggal dan Biner 381	
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Koagulasi Zat Warna Tunggal dan Biner.....	414
4.3 Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Koagulasi Zat Warna Tunggal dan Biner.....	458
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN A METODE ANALISA	55
LAMPIRAN B <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	64
LAMPIRAN C HASIL ANTARA	75
LAMPIRAN D GRAFIK	98
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN.....	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur muatan partikel koloid	11
Gambar 2.2	Kurva interaksi energi antara gaya elektrostatik dengan gaya Van der Waals.....	12
Gambar 2.3	Grafik pengaruh kompresi <i>electric double layer</i> (a) dan netralisasi muatan (b) terhadap <i>energy barrier</i>	13
Gambar 2.4	Skema <i>Entrapment in a precipitate</i> (a) dan <i>particle bridging</i> (b)	14
Gambar 2.5	Deret Hofmeister.....	16
Gambar 2.6	Mekanisme <i>cosmotropes</i> dan <i>chaotropes</i>	17
Gambar 2.7	Kurva pengaruh kekuatan ionik terhadap kelarutan protein	18
Gambar 2.8	Klasifikasi zat warna berdasarkan struktur serat.....	18
Gambar 2.9	Struktur molekul <i>congo</i> merah pada pH > 5 (a), pada pH < 3 (b) serta <i>tartrazine</i> (c)	19
Gambar 2.10	Efek dosis koagulan terhadap koagulasi.....	22
Gambar 3.1	Diagram singkat metodologi penelitian	24
Gambar 3.2	Skema alat ekstraksi.....	26
Gambar 3.3	Skema alat koagulasi (<i>jar test</i>).....	26
Gambar 3.4	Diagram alir persiapan bahan baku biji petai cina.....	27
Gambar 3.5	Diagram alir ekstraksi protein biji petai cina	28
Gambar 3.6	Diagram alir pembuatan larutan zat warna tunggal <i>congo</i> merah dan <i>tartrazine</i>	29
Gambar 3.7	Diagram alir pembuatan campuran zat warna biner	30
Gambar 3.8	Diagram alir koagulasi zat warna.....	31
Gambar 4.1	Pengamatan visual ekstrak protein biji petai cina (a) dan analisis protein metode Bradford (b)	39
Gambar 4.2	Grafik pengaruh pH terhadap koagulasi zat warna <i>congo</i> merah (a) <i>tartrazine</i> (b) dan zat warna biner (c).....	39
Gambar 4.3	Grafik pengaruh dosis koagulan terhadap koagulasi zat warna <i>congo</i> merah (a) <i>tartrazine</i> (b) dan zat warna biner (c).....	43
Gambar 4.4	Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap koagulasi zat warna <i>congo</i> merah (a) <i>tartrazine</i> (b) dan zat warna biner (c).....	47

Gambar 4.5 Hasil koagulasi *congo* merah (a) *tartrazine* (b) dan zat warna biner (c) pada kondisi terbaik..... 49

103

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal	4
Tabel 1.1	Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal (<i>lanjutan</i>)	5
Tabel 1.1	Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal (<i>lanjutan</i>)	6
Tabel 1.2	Premis penelitian terkait %-removal zat warna biner	7
Tabel 2.1	Komposisi biji petai cina (% basis kering)	15
Tabel 3.1	Rancangan percobaan variasi pH zat warna tunggal <i>congo</i> merah.....	32
Tabel 3.2	Rancangan percobaan variasi dosis koagulan zat warna tunggal <i>congo</i> merah.....	33
Tabel 3.3	Rancangan percobaan variasi konsentrasi awal zat warna tunggal <i>congo</i> merah.....	34
Tabel 3.4	Rancangan percobaan variasi pH zat warna <i>tartrazine</i>	34
Tabel 3.5	Rancangan percobaan variasi dosis koagulan zat warna <i>tartrazine</i>	34
Tabel 3.6	Rancangan percobaan variasi konsentrasi awal zat warna <i>tartrazine</i>	34
Tabel 3.7	Rancangan percobaan variasi pH zat warna biner	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.8	Rancangan percobaan variasi dosis koagulan zat warna biner	35
Tabel 3.9	Rancangan percobaan variasi konsentrasi awal zat warna biner	35
Tabel 3.10	Rencana kerja penelitian	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil adalah salah satu sektor industri yang penting dan berkembang pesat dewasa ini. Kehadiran industri tekstil berpotensi menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar akibat dari proses industri yang menggunakan air, zat pewarna dan zat kimia dalam jumlah yang besar juga. Menurut Muthu (2017), limbah industri tekstil merupakan campuran kompleks yang mengandung beragam senyawa polutan seperti zat warna, *oxidizing agents*, logam berat, garam, dan lain-lain. Pada umumnya limbah industri tekstil memiliki karakteristik nilai *chemical oxygen demands (COD)*, *biochemical oxygen demands (BOD)*, pH, tingkat kekeruhan, *total dissolved solids (TDS)* serta *total suspended solids (TSS)* yang tinggi (Muthu, 2017; Verma dkk., 2012). Pembuangan limbah secara langsung dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem air karena sifatnya yang beracun serta berbahaya bagi manusia akibat sifatnya yang karsinogenik, mutagenik dan/atau teratogenik, sehingga limbah cair industri tekstil perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke air (Menkiti dkk., 2018; Muthu, 2017).

Koagulasi dan flokulasi merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mengolah limbah tekstil karena proses yang relatif sederhana dan murah (Muthu, 2017). Pada umumnya proses koagulasi–flokulasi dilakukan dengan penambahan koagulan inorganik seperti aluminium klorida (AlCl_3), aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ferro sulfat (FeSO_4), ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) karena murah dan dapat disimpan dalam jangka waktu panjang (Verma, dkk., 2012). Akan tetapi; penggunaan koagulan inorganik tersebut menyebabkan terbentuknya residu aluminium pada air yang telah diolah dapat memicu timbulnya penyakit Alzheimer's dan demensia, volume *sludge* yang tinggi serta bersifat *non biodegradable* (Muthu, 2017). Penggunaan koagulan alami banyak diteliti sebagai alternatif untuk mengatasi kekurangan dari koagulan inorganik. Telah dilakukan penelitian yang memanfaatkan koagulan alami yang memiliki tingkat toksisitas rendah serta aman bagi manusia dan ekosistem air, selain itu koagulan alami juga memiliki keuntungan dalam pembentukan *floc* yang lebih besar, penggunaan dosis koagulan yang lebih sedikit, dapat terurai secara alami, serta menghasilkan sedikit volume *sludge* (Choy, dkk., 2014).

Berdasarkan asalnya, koagulan alami dapat dikategorikan menjadi tiga jenis; yaitu sumber nabati, hewani serta koagulan dari mikroorganisme. Beberapa contoh koagulan yang berasal hewani adalah *isinglass* yang berasal dari kandung kemih ikan, dan *chitosan* yang berasal dari cangkang krustasea (Choy, dkk., 2015). Sementara itu; koagulan dari mikroorganisme umumnya berasal dari bakteri, alga, ragi dan jamur yang mengandung biomakromolekul seperti polisakarida, lipid, protein serta asam nukleat (Al-Wasify, dkk., 2015). Akan tetapi ketersediaan koagulan dari sumber nabati lebih banyak dari sumber koagulan alami lainnya, sehingga koagulan nabati lebih umum digunakan. Koagulan nabati umumnya bersumber dari kacang-kacangan (*legumes*) seperti biji nirmali, biji kelor dan buncis (Andiwijaya, 2018). Salah satu sumber protein yang berpotensi digunakan sebagai koagulan alami adalah biji petai cina (*Leucaena leucocephala*); telah berhasil digunakan untuk koagulasi zat warna *congo* merah oleh Kristanda, dkk., (2020). Berdasarkan penelitian tersebut; protein dari ekstrak biji petai cina terbukti dapat digunakan sebagai koagulan alami dalam proses koagulasi zat warna *congo* merah dengan %-removal zat warna *congo* merah mencapai 95,55% (Kristanda, dkk., 2020). Selain itu; koagulasi *congo* merah dengan koagulan ekstrak biji petai cina juga dilakukan oleh Shrivastava, (2012) dengan %-removal mencapai 90% (Shrivastava, 2012).

Penelitian terdahulu hanya diaplikasikan pada koagulasi zat warna tunggal; padahal limbah tekstil aktual mengandung lebih dari satu jenis zat warna sehingga proses pengolahannya menjadi lebih kompleks (Pajootan, dkk., 2012). Beberapa penelitian terkait koagulasi zat warna biner telah dilakukan; antara lain elektrokoagulasi campuran zat warna *reactive yellow* dan *acid yellow* yang dilakukan oleh Ayhan, dkk. (2011), elektrokoagulasi zat warna *acid black* dan *acid yellow* oleh Pajootan, dkk. (2012) serta koagulasi zat warna biner *terasil blue* dan *cibacron yellow* yang diteliti oleh Wong, dkk. (2007) menggunakan koagulan inorganik PAC, alum dan MgCl₂. Namun; penelitian koagulasi limbah yang mengandung lebih dari satu jenis zat warna dengan koagulan alami masih belum dilakukan. Di sisi lain; pengolahan limbah zat warna multikomponen memiliki variabel koagulasi yang berbeda dengan koagulasi zat warna tunggal sehingga perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian ini berfokus pada koagulasi limbah sintetik zat warna tunggal ataupun campuran biner menggunakan koagulan ekstrak biji petai cina dan model zat warna *congo* merah serta *tartazine*. Lebih lanjut akan diteliti berbagai variabel yang mempengaruhi koagulasi yaitu pH, dosis koagulan serta konsentrasi awal zat warna.

1.2 Tema Sentral Masalah

Koagulasi menggunakan koagulan inorganik sebagai salah satu metode pengolahan limbah tekstil telah banyak dilakukan, namun timbulnya permasalahan-permasalahan lingkungan mendorong untuk mengganti penggunaan koagulan inorganik menjadi koagulan alami. Penggunaan koagulan alami sudah banyak diteliti namun pada umumnya limbah yang diolah hanya zat warna tunggal. Penelitian lebih lanjut terkait koagulasi dengan pendekatan zat warna biner menjadi penting untuk dikaji sehingga lebih aplikatif untuk pengolahan limbah tekstil yang secara actual mengandung zat warna kompleks. Pada penelitian ini, koagulasi zat warna biner dibatasi menggunakan zat warna *congo* merah dan *tartrazine* sebagai model zat warna yang akan dikoagulasi menggunakan protein dari ekstrak biji petai cina. Kehadiran zat warna biner pada koagulasi memberikan kinerja koagulasi yang berbeda pada berbagai kondisi koagulasi. Kajian pengaruh pH koagulasi, dosis koagulan serta konsentrasi awal zat warna terhadap kinerja koagulan yang diwakili oleh %-removal dan volume *sludge* pada koagulasi zat warna tunggal dan biner menjadi fokus utama penelitian ini.

1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa masalah yang teridentifikasi dan akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana profil %-removal dan volume *sludge* yang dihasilkan dari proses koagulasi zat warna tunggal *congo* merah atau *tartrazine* dan zat warna biner pada berbagai pH koagulasi?
2. Bagaimana profil %-removal dan volume *sludge* yang dihasilkan dari proses koagulasi zat warna tunggal *congo* merah atau *tartrazine* dan zat warna biner pada berbagai variasi dosis koagulan?
3. Bagaimana profil %-removal dan volume *sludge* yang dihasilkan dari proses koagulasi zat warna tunggal *congo* merah atau *tartrazine* dan zat warna biner pada berbagai variasi konsentrasi awal?

1.4 Premis

Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, premis penelitian terkait koagulasi zat warna tersaji pada **Tabel 1.1** sedangkan premis penelitian terkait elektrokoagulasi zat warna tersaji pada **Tabel 1.2** berikut:

Tabel 1.1 Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal

No.	Jenis Limbah	Koagulan	Dosis koagulan (mg/L)	Konsentrasi awal (mg/L)	pH	Hasil	Pustaka
1	Zat warna <i>congo</i> merah	Ekstrak biji petai cina	76,8	40,04	2,52	Kondisi optimum pada pH 3,22 dosis koagulan 183,52 mg/L dan konsentrasi awal 44,1 mg/L diperoleh %-removal 88,6%	(Kristanda, dkk., 2020)
			183,52	44,10	2,93		
			340,05	50,00	3,53		
			496,58	56,00	4,12		
			603,3	60,00	4,53		
2	Zat warna <i>congo</i> merah	Ekstrak biji <i>Moringa oleifera</i>	5	60	1	Kondisi terbaik pada pH 4 dan dosis koagulan 25 mg/L diperoleh %-removal 98%	(Patel dan Vashi, 2012)
			10		2		
			15		3		
			20		4		
			25		5		
			30		6		
			35		7		
					8		

Tabel 1.1 Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal (*lanjutan*)

No.	Jenis Limbah	Koagulan	Dosis koagulan	Konsentrasi awal (mg/L)	pH	Hasil	Pustaka
3	Zat warna <i>congo</i> merah	Ekstrak biji petai cina	2 (mL/L)	50	2	Kondisi terbaik pada pH 3 dan dosis koagulan 10 mL/L diperoleh %-removal 99,9%	(Kristianto, dkk., 2019)
			6 (mL/L)		3		
			10 (mL/L)		4		
			14 (mL/L)		6		
			18 (mL/L)		8		
			20 (mL/L)		10		
			30 (mL/L)				
40 (mL/L)							
4	Zat warna <i>tartrazine</i>	Katoda : Besi Anoda : Besi	-	20 – 120	2 – 10	Semakin tinggi konsentrasi awal, %-removal akan berkurang dari 99,9% hingga 45 %	(Modirshahla, dkk., 2007)

Tabel 1.1 Premis penelitian terkait %-removal zat warna tunggal (*lanjutan*)

No.	Jenis Limbah	Koagulan	Dosis koagulan (mg/L)	Konsentrasi awal (mg/L)	pH	Hasil	Pustaka
5	Zat warna <i>tartrazine</i>	Fe ₃ O ₄ – Ekstrak biji <i>Moringa oleifera</i>	20	50	3 – 9	Kondisi terbaik pada pH 4 dan dosis koagulan 25 mg/L diperoleh %-removal 98%	(Mateus, dkk., 2020)
			800	50	3	Kondisi terbaik pada pH 3 dan dosis koagulan 4000 mg/L diperoleh %-removal 99,9%. Semakin tinggi konsentrasi awal zat warna maka %-removal akan semakin turun	
6	Zat warna <i>congo merah</i>	Ekstrak biji <i>Moringa oleifera</i>	1600	100	4		
			2400	500	5		
			3200		6		
			4000		7		
			4600		8		(Chethana, dkk., 2016)

Tabel 1.2 Premis penelitian terkait %-removal zat warna biner

No.	Jenis Limbah	Koagulan	Konsentrasi awal (mg/L)	pH	%-removal	Hasil	Pustaka
1	Zat warna <i>reactive yellow</i> (RY) dan <i>acid violet</i> (AV)	Katoda : Besi Anoda : Besi	25 – 100 200	4	AV : 99,6 – 99,7 % RY : 98,6% – 97,1% AV : 96,7 % RY : 72%	Konsentrasi awal yang lebih rendah meningkatkan %-removal zat warna	(Keskin, dkk., 2011)
2	Zat warna <i>disperse blue</i> dan <i>basic yellow</i>	Katoda : Besi Anoda : Besi	100 – 400	2 – 10	75 % – 99,9 %	Kondisi terbaik pada pH 7, %-removal berkurang pada konsentrasi awal di atas 200 mg/L	(Ayhan Şengil dan Özdemir, 2012)
3	Zat warna <i>acid black 52</i> (AB) dan <i>acid yellow</i> (AY) 220	Katoda : Besi Anoda : Besi	200 – 600	5	AB : 64 – 90 % AY : 77 – 98 %	Semakin tinggi konsentrasi awal, %-removal akan berkurang	(Pajootan, dkk., 2012)
4	Zat warna <i>Terasil Blue</i> dan <i>Cibacron Yellow</i>	Alum		4,1	92,5%	PAC adalah koagulan yang paling baik di mana diperoleh %-removal sebesar 99,4% dengan dosis koagulan 600 mg/L	(Wong, dkk., 2007)
		PAC	1000	4,6	99,4%		
		MgCl ₂		10,8	99,3%		

1.5 Hipotesis

Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, dirumuskan beberapa hipotesis sebagai berikut:

1. Peningkatan *%-removal* zat warna pada koagulasi zat warna tunggal (*congo* merah dan *tartrazine*) terjadi pada pH di bawah titik isoelektrik protein (pH 4) karena zat warna bersifat anionik ketika larut dalam air sehingga diperlukan protein yang bermuatan positif agar proses koagulasi dengan *charge neutralization* terjadi (Kristanda, dkk., 2020). Kondisi terbaik diprediksi terjadi pada pH 3 (Kristanda, dkk., 2020; Mateus, dkk., 2020). Sebaliknya; peningkatan pH di atas 3 justru menurunkan *%-removal* zat warna karena koagulan akan bermuatan negatif sehingga tidak dapat menetralkan partikel zat warna akibat gaya tolak elektrostatik yang terjadi. Diduga kecenderungan yang sama akan diperoleh pada campuran zat warna biner, kedua zat warna bersifat anionik pada pH di atas 3 sehingga memungkinkan koagulasi pada pH 3-4 (Uddin, dkk., 2003; Chethana, dkk., 2016). Volume *sludge* berkurang seiring kenaikan pH akibat menurunnya *%-removal*.
2. Penambahan dosis koagulan pada koagulasi zat warna tunggal akan meningkatkan *%-removal* zat warna dan volume *sludge* hingga mencapai dosis koagulan optimum (Choy, dkk., 2015). Penambahan dosis koagulan melebihi dosis optimumnya justru akan menurunkan *%-removal* akibat terjadinya *charge reversal* yang memicu terjadinya restabilisasi koloid, sementara itu volume *sludge* mengalami peningkatan akibat partikel koloid yang bermuatan sehingga membentuk *floc* berukuran kecil dan menjadi *sludge* yang *porous* (Kristianto, dkk., 2019). Kecenderungan yang sama akan terjadi pada koagulasi campuran zat warna biner (Choy, dkk., 2015), tetapi dosis koagulan yang dibutuhkan akan lebih besar (Wong, dkk., 2007) karena semakin banyak partikel koloid dari zat warna yang perlu dikoagulasi.
3. Pada dosis koagulan yang sama, *%-removal* zat warna tunggal dan volume mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi awal zat warna karena meningkatnya jumlah partikel koloid (Chethana, dkk., 2016). Demikian pula pada koagulasi zat warna biner (Abidin, dkk., 2011). Volume *sludge* pada koagulasi zat warna tunggal dan biner juga akan menurun seiring peningkatan konsentrasi awal zat warna.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari %-removal dan volume *sludge* pada zat warna tunggal *congo* merah maupun *tartrazine* serta zat warna biner pada variasi pH.
2. Mempelajari %-removal dan volume *sludge* pada zat warna tunggal *congo* merah maupun *tartrazine* serta zat warna biner pada variasi dosis koagulan.
3. Mempelajari %-removal dan volume *sludge* pada zat warna tunggal *congo* merah maupun *tartrazine* serta zat warna biner pada variasi konsentrasi awal

1.7 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. **Bagi mahasiswa**, untuk mempelajari mekanisme koagulasi zat warna biner *congo* merah dan *tartrazine* menggunakan protein dari ekstrak biji petai cina. Mahasiswa dapat mempelajari perbedaan hasil koagulasi untuk zat warna tunggal dan biner yang dapat diketahui dari nilai %-removal dan volume *sludge*. Mahasiswa juga dapat mempelajari pengaruh dosis koagulan, konsentrasi awal, dan pH terhadap proses koagulasi.
2. **Bagi industri**, penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dan diaplikasikan secara nyata pada proses pengolahan limbah tekstil menggunakan koagulan alami yang lebih ramah lingkungan